

## 【補助事業概要の広報資料】

補助事業番号 26-104  
補助事業名 平成26年度 大流量PM<sub>2.5</sub>採取装置の開発補助事業  
補助事業者名 慶應義塾大学 奥田知明研究室

### 1 研究の概要

我が国におけるPM<sub>2.5</sub>の環境基準制定や、国際がん研究機関による粒子状物質の発がん性物質への指定を受け、近年特に有害性が懸念されるPM<sub>2.5</sub>に関する研究の緊急性・重要性が高まっている。本研究では、バーチャルインパクトとサイクロンを組み合わせた新規な大流量PM<sub>2.5</sub>採取装置の開発を行う。本研究により、試料量の制約のため困難であったPM<sub>2.5</sub>の発生源や有害性発現機構の解明に関する研究や、関連装置の製作等による関連産業の振興、さらには機械工業界におけるPM<sub>2.5</sub>削減手法の開発等に大きく貢献することができる。

### 2 研究の目的と背景

大気中の粒子状物質は人体に有害であり、最近では国際がん研究機関により粒子状物質が「ヒトに対する発がん性物質」と分類された。2009年に定められた我が国のPM<sub>2.5</sub>（粒径2.5 μm以下の粒子状物質）の環境基準は質量濃度のみが対象であるが、実際の有害性は粒子の物理化学特性に起因すると考えられるため、PM<sub>2.5</sub>濃度に加えてその化学成分・形態を解明することは喫緊の課題である。これらの研究を進めるためには実環境大気中PM<sub>2.5</sub>の採取が必須だが、現在普及しているフィルタろ過捕集法では、試料を大量に採取するとフィルタが目詰まりし数mg程度の少量しか集められないため、研究が進んでいないのが現状である。そこで本研究では、粒子分級技術であるバーチャルインパクトとサイクロンを組み合わせた新規な大流量PM<sub>2.5</sub>採取装置の開発を行う。

### 3 研究内容

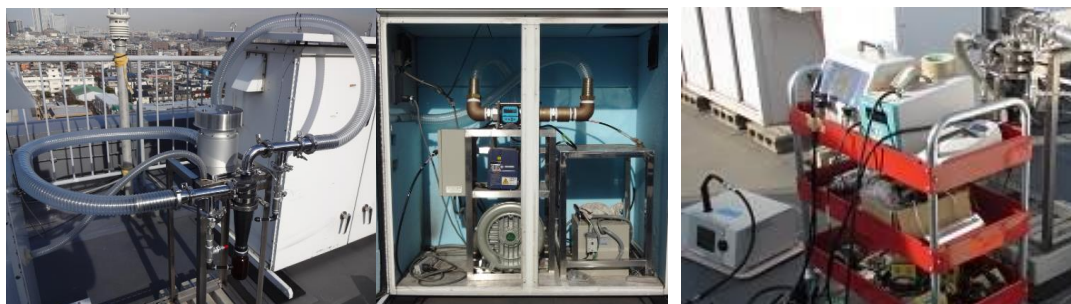
#### 大流量PM<sub>2.5</sub>採取装置開発に関する研究

(URL: <http://tomoakiokuda.com/research/index.html>)

本研究では、粒子分級技術であるバーチャルインパクトとサイクロンを組み合わせた新規な大流量PM<sub>2.5</sub>採取装置の開発を行った。具体的には、環境大気中の粒子はサブミクロン粒子と粗大粒子の二山分布をとるが、そのうちの粗大粒子を完全に除去した上でPM<sub>2.5</sub>を主に構成するサブミクロン粒子（粒径0.1～1 μm）を確実に採取する装置を開発した。

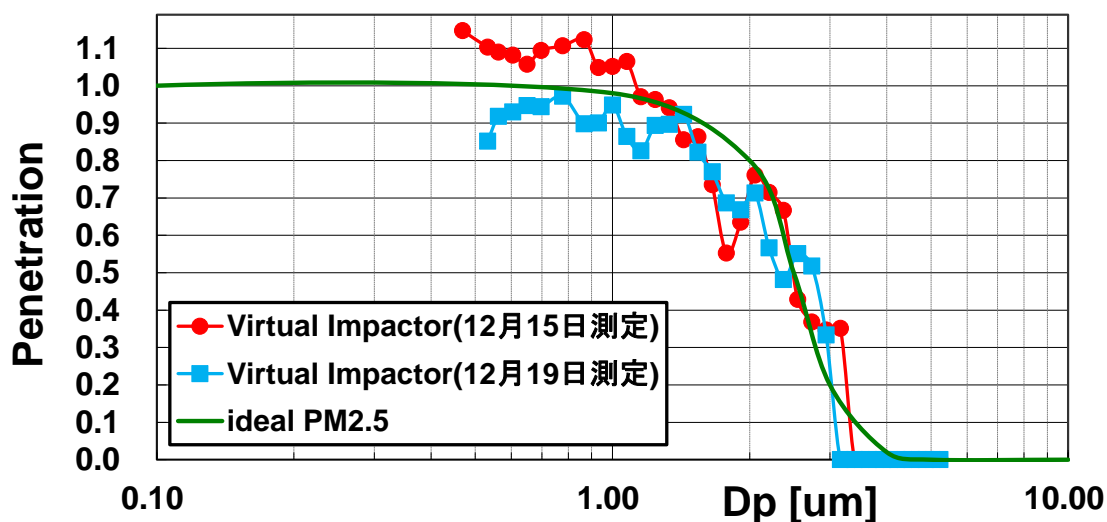
製作したバーチャルインパクトは対向ノズル形状とし、主流に対し副流の流量を10%程度と小さくすることでノズル面を仮想的な衝突板と見なす。ノズル本数は20本とした。こ

の下流にサイクロンを接続し、PM<sub>2.5</sub>粒子を採取した。粒子の分級性能は、空気動力学径スペクトロメータおよび走査型移動度粒径測定器を用いて確認した。数値目標としては、大気吸引流量1,200L/minの流量において、粒径2.5 $\mu$ m以上50%カットを達成することを目指して研究を進め、性能評価試験の結果、この目標を達成した。本装置の開発により、従来の数百倍量のPM<sub>2.5</sub>粒子を容易に採取できるようになった。



▲製作した大流量PM<sub>2.5</sub>採取装置

▲性能評価試験の様子



▲製作した大流量PM<sub>2.5</sub>採取装置の分級曲線。50%カットオフ径が2.5 $\mu$ mとなった。

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究の成果を世界中の研究者・技術者に周知することによって、関連研究の進展や関連装置の製作などといった大きな波及効果が期待できる。その中でも、特に我が国の環境産業関連企業と連携して製品化を図り、我が国の環境産業の振興を目指す。さらには機械工業界におけるPM<sub>2.5</sub>排出削減手法の開発等にも大きく貢献することができる。

将来的には、本研究の成果による科学的根拠に基づき、PM<sub>2.5</sub>対策が適正に講じられることが期待できる。PM<sub>2.5</sub>濃度に加えてその詳細な化学成分・形態の把握が進み、PM<sub>2.5</sub>の発生源や有害性発現機構が解明されれば、PM<sub>2.5</sub>を構成する多様な化学成分

のうち、何から優先的に対策を取るべきかを科学的に明らかにすることができる。将来的にはPM<sub>2.5</sub>原因物質の排出の少ない新たな交通機関等の社会インフラが普及すると期待できる。我が国のみならず欧米や発展著しいアジア諸国でもPM<sub>2.5</sub>の規制強化が進められているが、闇雲な規制は産業活力を削ぐため、PM<sub>2.5</sub>の有害性が適切に評価され、適正な規制値が設定される社会が望ましい。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本研究は、自身の研究体系において、非常に重要なものとなっている。具体的には、本装置を開発したことで、これまであまり関わりのなかった多方面の研究者（例えば、医学系や空調系など）からコンタクトがあり、今後の研究の展開において極めて重要な位置づけとなった。今後、粒子状物質に係る様々な研究テーマに対して、本装置の有用性をアピールし、多様な応用先を見いだしてゆけることを期待している。

#### 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

##### 【発表論文等】

原著論文発表（国際英文誌 1誌 1件）

1. Okuda, T., Isobe, R., Nagai, Y., Okahisa, S., Funato, K., Inoue, K. (2015) Development of a high-volume PM<sub>2.5</sub> particle sampler using impactor and cyclone techniques, *Aerosol and Air Quality Research*, in press. [doi: 10.4209/aaqr.2014.09.0194](https://doi.org/10.4209/aaqr.2014.09.0194)

##### 【学会発表】

1. 奥田知明、磯部涼真、永井雄祐、船戸浩二、井上浩三（2014）大流量PM<sub>2.5</sub>サンプラーの開発とその性能評価、第55回大気環境学会年会、愛媛大学、松山市、2014年9月。
2. 奥田知明、磯部涼真、井上浩三（2014）大流量PM<sub>2.5</sub>サンプラーの開発、第31回エアロゾル科学・技術研究討論会、筑波大学、つくば市、2014年8月。

#### 7 補助事業に係る成果物

（1）補助事業により作成したもの

該当なし

（2）（1）以外で当事業において作成したもの

1. Okuda, T. et al. (2015) Development of a high-volume PM<sub>2.5</sub> particle sampler using impactor and cyclone techniques, *Aerosol and Air Quality Research*, in press. [doi: 10.4209/aaqr.2014.09.0194](https://doi.org/10.4209/aaqr.2014.09.0194)



## Development of a High-Volume PM<sub>2.5</sub> Particle Sampler Using Impactor and Cyclone Techniques

Tomoaki Okuda<sup>1\*</sup>, Ryoma Isobe<sup>1</sup>, Yusuke Nagai<sup>1</sup>, Shunichi Okahisa<sup>1</sup>, Koji Funato<sup>2</sup>, Koza Inoue<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Applied Chemistry, Faculty of Science and Technology, Keio University, 3-14-1 Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama 223-8522, Japan

<sup>2</sup>Tokyo Dylec Corp., Naitocho Bldg., 1 Naito-machi, Shinjuku-ku, Tokyo 160-0014, Japan

### ABSTRACT

Detailed mechanisms of the cellular biochemical reactions associated with the toxicity of PM<sub>2.5</sub> have not been elucidated well so far because it is difficult to collect a sufficient amount of PM<sub>2.5</sub> particles to carry out toxicity assays using cells. A high-volume PM<sub>2.5</sub> particle sampler using the impactor and cyclone techniques has been developed in this study. The 50% cut-points of the impactor and cyclone for ambient aerosols at 1,100 L/min of air flow were 2.0 μm and 0.15–0.18 μm, respectively. The separation characteristics of the impactor were similar to those of the WINS impactor. The contents of EC, which is an aggregate/agglomerate of primary particles with sizes less than 100 nm, in the cyclone particles was similar to that in the filter particles. The contents of organic matter and ammonium in the particles collected using the cyclone system were lower than those in the particles collected using traditional filter sampling. We propose that the high-volume PM<sub>2.5</sub> particle sampler developed in this study can collect a large amount of aerosol particles in a “powder form” and can also avoid certain sampling artifacts caused by the adsorption of volatile organic compounds and gaseous ammonia to particles on the filter media. The sampling device developed in this study allows researchers to collect a sufficient amount of PM<sub>2.5</sub> particles for cell exposure studies without the use of filters.

**Keywords:** Ambient aerosols; Cyclone; Inertial impactor; In vitro bioassay; Particle form.

### INTRODUCTION

Exposure to atmospheric aerosols is a serious concern for human health (Dockery *et al.*, 1993; Pope *et al.*, 1995; IARC, 2013). PM<sub>2.5</sub> (particulate matter that passes through a size-selective inlet with a 50% efficiency cut-off at an aerodynamic diameter of 2.5 μm) has been regulated worldwide over the last ten to twenty years (European Parliament and of the Council, 2008; Ministry of Environment, Japan, 2009; USEPA, 2013). These regulations have been set based on numerous epidemiological studies, and many of which have reported adverse health effects due to PM<sub>2.5</sub>. However, detailed mechanisms of the cellular biochemical reactions associated with the toxicity of PM<sub>2.5</sub> have not been elucidated well so far. The reasons for that are as follows: (1) PM<sub>2.5</sub> consists of thousands of chemical species that need to be examined to determine their biological effects; (2) A wide variety of cells may be affected; (3) There are many

bioassay methods for the examination of the toxicological effects of PM<sub>2.5</sub>; (4) It is difficult to isolate a sufficient amount of PM<sub>2.5</sub> particles to carry out toxicity assays using cells. This is a critical limitation in exposure studies. Some studies have used aerosol concentrators in order to carry out exposure studies on laboratory animals (Maciejczyk *et al.*, 2005). However, while this method is effective for studies conducted on animals that respire actively, it is not suitable for static *in vitro* cell exposure studies, such as feeding particles on a multi-well plate where cells are seeded. This is because it is uncertain whether the amount of particles that the cells (which are often seeded on plates) are exposed to is linearly correlated with the concentration of aerosols in an exposure chamber. Generally, cell exposure studies for PM<sub>2.5</sub> particles have been conducted using PM collected by vibrating aerosol-loaded filters (Lichtveld *et al.*, 2005; Ogino *et al.*, 2014). However, the particles used for the exposure study may not be the same as those present in ambient air. Possible contamination from the filter material should also be considered. In addition, sample handling to obtain particles for exposure experiments is highly complicated and time-consuming. Besides, the amount of particles that are collected on a filter is often insufficient to perform an exposure studies. Hence, the development of techniques that allow researchers

\*Corresponding author.

Tel./Fax: +81-45-566-1578

E-mail address: okuda@applic.keio.ac.jp

## 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 慶應義塾大学 理工学部 奥田知明研究室

(ケイオウキ`シ`ユクダ`イ`ク`リコウガ`ク`オクダ`トモアキケンキウシツ)

住 所： 〒223-8522

横浜市港北区日吉3-14-1

申 請 者： 准教授 奥田知明 (シ`ユクキョウジ`ユ`オクダ`トモアキ)

担 当 部 署： 応用化学科 (オウヨウカガ`ク)

E - m a i l : [okuda@applic.keio.ac.jp](mailto:okuda@applic.keio.ac.jp)

U R L : <http://tomoakiokuda.com/>